

ÉVOLUTION DES PEUPELEMENTS DE DIATOMÉES PLANCTONIQUES ET BENTHIQUES D'UN MARAIS SALANT LORS DES VARIATIONS PRINTANIÈRES DE SALINITÉ

Y. RINCÉ* et J.M. ROBERT*

RÉSUMÉ. — L'étude entreprise met en relief l'importance des algues microscopiques dans l'écologie d'un marais salant. Durant le printemps, les diatomées constituent l'essentiel des peuplements végétaux examinés. La biomasse qu'elles représentent se chiffre à 10^9 cellules.m⁻² et atteint 900 mg chl.a.m⁻². L'évolution de la composition spécifique des peuplements est discutée ainsi que les variations de la biomasse microalgale, en particulier vis-à-vis des variations de salinité enregistrées. Plusieurs espèces de diatomées se révèlent aptes à supporter d'amples fluctuations de salinité et les auteurs proposent de modifier les domaines de tolérance connus pour certaines d'entre elles.

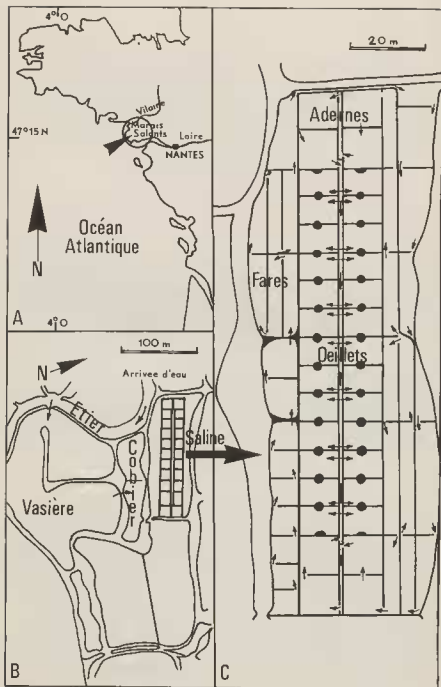
ABSTRACT. — The importance of microalgae in the ecology of a saline-marsh is pointed out. During spring, diatoms are the main component of the plant communities. They represent a great amount of biomass (ca 10^9 cells.m⁻² and up to 900 mg chl.a.m⁻²). The evolution of plant populations in specific composition as in biomass evaluation is discussed especially in regard to variations in salinity recorded. The ability of several diatom species to tolerate large variations of salinity is also noticed and the authors suggest to enlarge the ranges of salinity tolerance for several of them.

INTRODUCTION

La situation géographique de la presqu'île guérandaise, entre l'estuaire de la Loire et celui de la Vilaine, et le découpage de sa côte l'exposent à de profondes pénétrations d'eaux marines ou saumâtres. Le régime des vents et l'insolation y ont permis le développement « des salines naturelles les plus élevées en latitude d'Europe (GRAS, 1980).

L'originalité de ce milieu où l'amplitude des variations de salinité (du polyhalin à l'hyperhalin) exerce une sévère contrainte sur la flore et la faune, a

* Laboratoire de Biologie marine, U.E.R. Sciences de la Nature, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex, France.



suscité nombre de travaux scientifiques. Actuellement la recherche d'un nouvel équilibre socio-économique de l'activité paludière motive des travaux fondamentaux et appliqués en vue de la mise en valeur de la région : exploitation des halophytes, développement de l'aquaculture par exemple.

Dans ce contexte, le travail présenté ici est une contribution au recensement des biocénoses exploitables. Puisque la perspective d'une production biologique se dessine d'une nouvelle manière avec le prégrossissement de mollusques élevés en vasières (AUBIN, 1981), il est opportun de connaître la nature de l'échelon primaire et la biomasse qu'il représente.

Depuis quelques travaux anciens (HENNEGUY, 1890; LABBÉ, 1924) et à l'exception d'une revue de synthèse sur *Dunaliella* (LECOQ et HALLET, 1980), les végétaux microscopiques des marais salants de la presqu'île guérandaise n'avaient fait l'objet d'aucune étude. Les résultats que nous exposons constituent donc une nouvelle approche floristique de ce milieu; ils apportent en outre des données inédites sur la biologie des diatomées de cette région.

LOCALISATION ET STRATÉGIE

Réalisés dans un marais de Boulay (Fig. 1, A), dans la zone salicole de Mesquer, les prélèvements sont échelonnés entre le mois de mars et le mois de juin 1980. Ils couvrent ainsi la fin de la période de dessalure et de préparation du marais (hivernage, d'octobre à mars-avril) et le début de la période de sursalure qui s'étend normalement de mai à octobre.

L'unité de production salicole (marais) est en communication avec la mer par un canal (étier). Une retenue d'eau (vasière) assure le stockage et la décantation de la réserve d'eau de mer. L'eau progresse ensuite par surverse graduelle, d'abord dans de grands bassins de décantation et d'évaporation (cobiers), puis dans les fares, bassins d'évaporation, où elle circule longuement du fait de cloisons disposées en chicane. Elle est alors introduite dans les adernes, bassins constituant la réserve journalière consommée par le fonctionnement des œillets, bassins de cristallisation où se récolte le sel (Fig. 1, B et C).

Dans ce dédale de bassins où la profondeur se relève de 0,5 m dans la vasière à quelques centimètres (4 cm maximum dans les cobiers, et moins dans les bassins suivants), l'eau de mer subit sous l'action combinée du vent et de la température (elle atteint 37°C dans les œillets) une intense évaporation.

Une première série de prélèvements a lieu juste après l'alimentation en eau de l'étier ou de chacun des bassins successifs du marais. Les échantillonnages suivants sont effectués à quinze jours d'intervalle; ce délai permet de comparer la composition des peuplements entrant dans les bassins à ce qu'elle est devenue au terme d'une période suffisante pour que la salinité ait sensiblement augmenté.

Fig. 1. — A. Localisation de la zone étudiée; B. Plan du marais salant; C. Détail de la saline.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans l'étier et chacun des bassins successifs du marais, cinq litres d'eau sont prélevés pour l'analyse du phytoplancton. Celui-ci est concentré par décantation après fixation par le formol (concentration finale : 2 %). Le sol des bassins est également échantillonné, par carottage à la main selon une technique déjà employée dans l'étude des claires ostréicoles de la baie de Bourgneuf (ROBERT et RINCÉ, à paraître). Les micro-algues présentes dans le sédiment sont récupérées sur de petites pièces de papier spécial (Lens Cleaning Tissue, Whatman n° 105) déposées à la surface de l'échantillon de sol, en utilisant leur réaction phototactique positive selon la méthode d'EATON et MOSS (1966). Il est certain que cette méthode sélective permet de « piéger » en majorité des cellules mobiles, surtout des diatomées, mais pendant la période considérée, l'examen d'échantillons frais montre la dominance sans conteste de ces algues. Les algues benthiques récupérées sur les morceaux de papier sont fixées et remises en suspension dans des chambres de sédimentation.

L'identification et le dénombrement des espèces appartenant au phytoplancton ou au microphytobenthos sont conduits en chambres de sédimentation, à l'aide du microscope inversé selon la méthode d'UTERMÖHL (1958). Les résultats des comptages ont permis de calculer l'indice de diversité H de SHANNON (1948) en tenant compte de chaque espèce.

Chaque série de prélèvement comporte en outre deux carottes utilisées pour l'extraction des pigments chlorophylliens. La méthode employée comprend, selon le protocole indiqué par PLANTE-CUNY (1974), l'extraction par l'acétone à 90 % sur le premier centimètre de la carotte pesé puis broyé, la décantation à l'obscurité et à 5°C pendant 24 heures, la mesure par spectrophotométrie de la densité optique de l'extrait centrifugé (les longueurs d'onde utilisées sont 665 et 750 nm). L'acidification de l'extrait acétonique permet de calculer la quantité de phéopigments présents dans l'échantillon.

Les teneurs du substrat en chlorophylle *a* fonctionnelle et en phéopigments constituent une évaluation commode, bien qu'imparfaite, de la biomasse végétale. Le rapport des teneurs en chlorophylle *a*/phéopigments donne également une indication sur l'état physiologique des algues. L'évolution des teneurs en chlorophylle *b* et en chlorophylle *c* est instructive quant à la composition des peuplements.

RÉSULTATS

Pour qualifier les eaux du marais d'après leur salinité, nous faisons référence à la classification des eaux saumâtres préconisée par le Symposium de Venise (ANCONA, 1959). La figure 2 retrace les variations de la salinité dans les différents éléments du marais. Le milieu reste polyhalin au moins pendant l'hivernage (salinité comprise entre 18 et 30‰), puis euhalin au tout début du printemps (salinité comprise entre 30 et 40‰). Dès le mois de mai, l'eau des cobiers, fares, adernes et œillets devient hyperhaline : la salinité maximale est atteinte fin

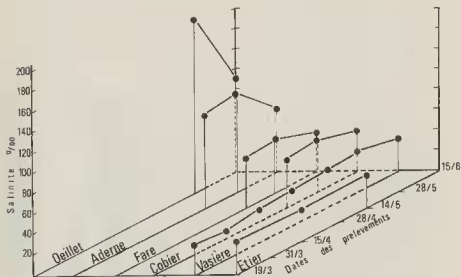


Fig. 2. — Évolution de la salinité dans les différents bassins du marais salant.

mai dans les œillets avec 168‰. Au cours du mois de juin 1980, d'abondantes précipitations interviennent ramenant la salinité dans les œillets à 90‰ et dans les adernes à 60‰. Le peuplement micro-algal des salines est essentiellement composé de Diatomées, Coccolithophoridées, Chlorophycées et Cyanophycées (*Lyngbya* sp., *Microcoleus* sp.). Dans la vasière, les diatomées, en grande majorité benthiques, constituent 95 % de l'effectif des populations végétales. Dans les autres bassins, elles en représentent 50 à 95 %. Cobiers, fares et adernes peuvent abriter de fortes populations de Coccolithophoridées alors que, dans les œillets, se développe en été un peuplement monospécifique typique de la Chlorophycée *Dunaliella salina* (Fig. 3).

La répartition des chlorophylles *a*, *b* et *c* dans le sédiment des différents bassins traduit également la prépondérance des diatomées. Dans tous les bassins les chlorophylles *a* et *c* sont nettement dominantes (50 à 60 % de chl *a* et 30 à 40 % de chl *c*). La chlorophylle *b* ne représente que 3 à 9 % de l'ensemble des chlorophylles, sauf dans les œillets où le pourcentage atteint 13 à 15 % dès qu'apparaît *Dunaliella salina*.

A. — Étier et Vasière

Par l'intermédiaire du Mès (étier de Pont d'Armes) l'étier de Boulay reçoit de l'eau venant de la mer et véhiculant parmi les éléments en suspension des diatomées provenant du plancton néritique et océanique (*Ditylum brightwellii*) et également des diatomées benthiques enlevées à la surface des vasières littorales et le long des berges des étiers. Les diatomées planctoniques sont souvent bien

représentées dans les eaux des étiers, spécialement en mars-avril, lorsque prolifère la diatomée centrique et coloniale *Skeletonema costatum* ($1,15 \cdot 10^6$ cellules par litre). Lorsque cette espèce devient moins abondante, la majorité des formes susceptibles de pénétrer dans la vase sont des diatomées benthiques (Fig. 3).

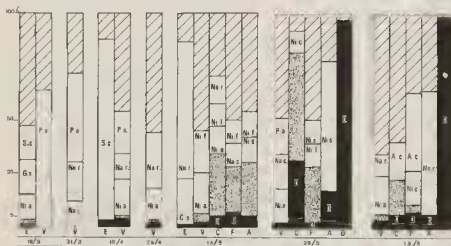


Fig. 3. — Composition des communautés algales du marais salant. E: phytoplancton de l'étier; microphytobenthos, V: de la vase, C: du cobier, F: du fare, A: de l'aderne, O: de l'oillet.

▨ : Diverses diatomées; S. c. *Skeletonema costatum*; C. s. *Chaetoceros* sp. G. s. : *Cyrosigma spenceri*; P. a. : *Pleurosigma angulatum*; Na. c. : *Navicula cincta*; Na. r. : *N. ramosissima*; Ni. a. : *Nitzschia acuminata*; Ni. c. : *N. closterium*, Ni. f. : *N. frustulum*; Ni. s. : *N. sigma*; A. c. : *Amphora coffeaeformis*; ▨ : Coccolithophoridées, ■ Chlorococcales; D : *Dunaliella salina*.

Les peuplements benthiques de la vase sont dominés en mars-avril par *Navicula ramosissima*, *Amphora hyalina* et *Amphora coffeaeformis* qui représentent 56 et même 63 % de l'effectif microphytobenthique. Celui-ci atteint $1,5 \cdot 10^9$ cellules.m⁻² dans la partie « rayée » de la vase et $2,4 \cdot 10^9$ dans la partie envasée (Fig. 4). Au même moment, les biomasses exprimées en teneurs pigmentaires du substrat s'élèvent respectivement à 300 et 220 mg chl.a.m⁻². Au cours du mois de mai, les effectifs diminuent brutalement (Fig. 4), le minimum se situant dans la partie envasée avec $3,5 \cdot 10^8$ cellules.m⁻². La teneur pigmentaire du sédiment est alors de 120 mg de chl.a.m⁻². L'augmentation de la biomasse microphytobenthique en juin ($8 \cdot 10^8$ cellules.m⁻²) correspond à une proliféra-

* Pendant l'hivernage des marais, les paludiers enlèvent sur tout le tour de la vase le dépôt de vase fluide et de débris organiques. Cette opération porte le nom local de « rayage ».

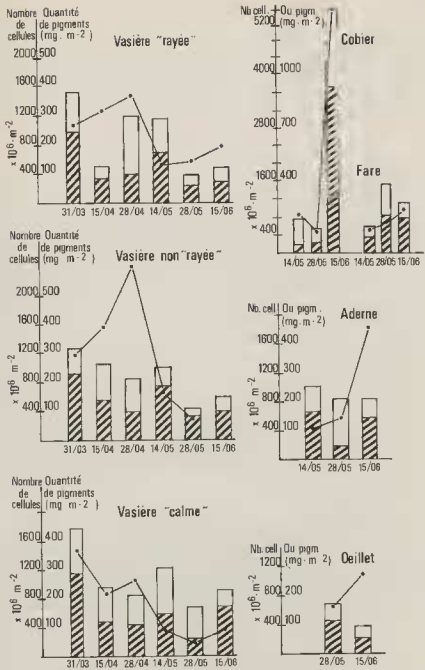


Fig. 4. — Évolution de la biomasse exprimée en nombre de cellules et teneurs pigmentaires par m^2 de sédiment en place. ●● : nombre de cellules; ▨ : quantité de chloa; □ : quantité de phéopigments.

tion de *Navicula ramosissima*, tandis que depuis le mois de mars, la population, pourtant dense, de *Pleurosigma angulatum*, dans la partie calme de la vasière, ne cesse de décliner passant de 64 % de l'effectif total à 5 % (Fig. 3).

A l'exception du premier prélèvement (fin mars) les densités de population dans la partie abritée du vent (= «calme») sont inférieures à celles des parties exposées, qu'elles soient «rayées» ou non.

B. — Cobiers

A leur remise en eau, les cobiers présentent des effectifs modestes (9.10^8 cellules.m⁻²) correspondant à une teneur de 180 mg de chl.a.m⁻². Les peuplements de microalgues sont alors dominés par *Navicula ramosissima* et *Nitzschia acuminata*.

A la fin du mois de mai, l'espèce *Nitzschia closterium* est la mieux représentée, mais les diatomées ne forment alors que 18 % du peuplement végétal. La biomasse microphytobenthique se chiffre à 5.10^8 cellules.m⁻² et 140 mg chl.a.m⁻². Après les pluies du mois de juin 1980, les populations de diatomées s'étoffent à nouveau (78 % de l'effectif total). 18 % des organismes végétaux appartiennent, à ce moment, à l'espèce *Amphora coffeaeformis*. La biomasse en densité numérique atteint $5,6.10^9$ cellules.m⁻² et la teneur pigmentaire du substrat 1400 mg chl.a.m⁻² (Fig. 4).

C. — Fares

Les effectifs des microalgues du sol des fares augmentent régulièrement, après la remise en eau, de 5.10^8 à 9.10^8 cellules.m⁻². La biomasse exprimée en quantité de chlorophylle *a*, présente fin mai un maximum de 380 mg chl.a.m⁻² (Fig. 4). La variété *sigmatella* de la diatomée *Nitzschia sigma* constitue alors 11 % de l'effectif total. Après les précipitations de juin 1980, *N. closterium* et *A. coffeaeformis* prolifèrent et forment, en nombre de cellules, respectivement 16 % et 37 % du peuplement végétal.

D. — Adernes

L'augmentation des effectifs à partir de faibles peuplements ($2,7.10^7$ cellules.m⁻²) est liée à la prolifération de *Dunaliella salina*, Chlorophycée normalement planctonique mais présente en grand nombre dans l'eau surnageante des carottes, et de *N. sigma* var. *sigmatella*. Cette espèce représente les 2/3 du peuplement de diatomées et 61 % du peuplement végétal. Au mois de juin cette participation tombe à 9 % tandis que *N. ramosissima* prolifère à nouveau (57 % de l'effectif total). La teneur pigmentaire du sédiment reste stable ; 250-200 mg chl.a.m⁻² (Fig. 4).

F. — Oeillets

Seule la présence et le développement de la chlorophycée *Dunaliella salina* (Fig. 3) permet à la biomasse microphytobenthique d'atteindre un niveau comparable à celui des bassins précédents ; $6,5.10^8$ et même $1,1.10^9$ cellules.

m^{-2} pour 170 et 100 mg chl a . m^{-2} (Fig. 4). C'est ce que confirme la répartition des différentes formes de chlorophylle. A partir de la mi-avril, le pourcentage de chlorophylle b s'élève nettement dans la saline. Il culmine avec 13 et 15 % dans les trillets.

DISCUSSION

A. — Composition spécifique

La participation importante de la classe des Diatomées et la discrétion des autres classes d'algues soulignent le caractère marin de la phytocénose du marais salant considéré et rappellent ce que de nombreux auteurs signalent, qu'il s'agisse de marais salés (CARTER, 1932-1933; ROUND, 1960; DRUM et WEBER, 1966; SULLIVAN, 1975) ou de vasières (COLIJN, 1978; ADMIRAAL et PELETIER, 1980) : les peuplements d'algues microscopiques en milieux littoraux de faible profondeur sont dominés par les diatomées.

Nos propres observations dans les claires ostréicoles de la baie de Bourgneuf (RINCÉ, 1979) aboutissent à la même conclusion. Dans les deux cas nous avons affaire à des bassins artificiels dont l'entretien par l'homme et l'apport direct d'eau de mer expliquent la composition spécifique des phytocénoses. Provenant de vasières littorales soumises à l'exondation, une cinquantaine d'espèces d'algues pénètrent dans le marais. Parmi celles-ci, une trentaine sont des diatomées benthiques qui vont, au fur et à mesure des remises en eau, coloniser le substrat des différents bassins. Nos observations étant limitées au début du cycle de fonctionnement du marais salant, nous n'assistons à aucun phénomène d'eutrophisation pouvant déclencher des floraisons de Chlorophycées, ni, lors de la précipitation calcique ($S \geq 150\text{‰}$) à la formation de tapis de Cyanophycées accompagnées des «eaux rouges» à *Dunaliella salina*.

B. — Biomasse micro-algale.

Avec des valeurs extrêmes de 4.10^8 et $5,6.10^9$ cellules. m^{-2} , les densités de peuplement rappellent celles indiquées par plusieurs auteurs en différentes localités : ALEEM (1950) — 4.10^8 cellules. m^{-2} dans les mares littorales de Whitstable; EATON et MOSS (1966) — $1,5.10^9$ cellules. m^{-2} pour des peuplements épipéliques; MALISSEN (1979) — 9.10^8 à 4.10^9 cellules. m^{-2} dans une lagune intertidale de Certes; MOUL et MASON (1975) — $9,8.10^9$ cellules. m^{-2} (sur une épaisseur de substrat de 6 cm) à Woods Hole; RINCÉ (1978) — 10^8 à 10^9 cellules. m^{-2} dans des claires à huîtres de Vendée.

Cette densité se retrouve également dans les teneurs pigmentaires du substrat. Nombreux sont les travaux où l'on peut relever des estimations de la biomasse comprises entre 60 et 900 mg chl a . m^{-2} qui sont les valeurs extrêmes enregistrées au cours de cette étude (COLIJN, 1978; COLIJN et NIENHUIS, 1978; LEACH, 1970; ROBERT et RINCÉ, à paraître).

La présence dans le substrat de phéopigments à des concentrations supérieures à celles de la chlorophylle a (Fig. 4) n'est pas surprenante; elle caracté-

rise la plupart des phytocénoses benthiques (STRICKLAND et PARSONS, 1968). De même, l'absence de corrélation entre teneurs pigmentaires du substrat et densités de peuplement n'est pas nouvelle (RINCÉ et al., 1980). Elle peut être due aux modifications de la composition spécifique et à l'étendue de l'échelle des dimensions parmi les micro-algues benthiques. Ainsi dans la vasière, bien que les effectifs globaux n'évoluent pas tous dans le même sens, la raréfaction progressive de mi-mars à mi-avril de l'espèce *Pleurosigma angulatum*, diatomée de grande taille à abondant endochrome, expliquerait la diminution constatée de la teneur en chlorophylle *a*.

C. — Influence de la salinité

La destination du marais salant étant de favoriser l'augmentation de la teneur de l'eau de mer en chlorure de sodium, nous avons pu suivre aisément les modifications du peuplement microalgal tandis que variait la salinité dans les bassins successifs.

Dans les cobiers, fares, adernes et œillets, les effectifs des populations de diatomées sont toujours nettement inférieurs à ceux relevés dans la vasière et décroissent régulièrement le long du gradient de salinité. Cet aspect quantitatif s'accompagne d'un net changement qualitatif puisque l'on observe que l'indice de diversité spécifique (SHANNON, 1948) s'abaisse au cours du temps et au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'œillet (Tableau 1). L'augmentation de la salinité est donc concomitante d'une spécialisation du peuplement de diatomées. Les conséquences des précipitations abondantes du mois de juin

	19/3	31/3	15/4	28/4	14/5	28/5	15/6
Etier	3,60		1,04		1,81		
V A S I E R E							
Partie calme	2,07	2,83	3,58	3,67	3,70	3,64	3,37
Partie "rayée"	3,02	3,51	2,52	2,92	3,57	3,83	3,29
Partie non "rayée"	3,33	2,94	2,87	2,97	3,30	3,49	-
Cobier	-	-	-	-	3,19	1,85	3,12
Fare	-	-	-	-	4,91	2,74	3,97
Aderne	-	-	-	-	2,83	1,69	2,39
œillet	-	-	-	-	-	0,35	0,31

Tableau 1. — Variations de l'indice de diversité de SHANNON dans les différents bassins du marais salant.

le confirment, puisque l'on constate que la diminution de la salinité s'accompagne d'une diversification des peuplements diatomiques, sauf dans les œillets où la dominance de *Dunaliella salina* et la faiblesse des effectifs de diatomées ne le permettent plus (Tableau 1).

Les diatomées vivant dans les marais salants sont toutes des espèces fréquentes dans les milieux marins littoraux. Toutefois, la tolérance de certaines d'entre elles mérite d'être signalée, car elle va au-delà des limites qu'on leur connaissait jusqu'alors en Europe et sur le continent américain.

Trois espèces sont ainsi spécialement remarquables : *Gyrosigma balticum*, *Navicula ramosissima* et *Nitzschia sigma* var. *sigmatella*. *Gyrosigma balticum* est connue pour être une espèce fréquente tant dans les eaux saumâtres que dans les marais salés (CARTER, 1933; HOPKINS, 1964). HUSTEDT (1959) la considère comme mésohalobe euryhaline (selon son système de classification halobiontique publié en 1953). CARPELAN (1978) lui reconnaît la capacité de supporter un écart de salinité de 0 à 40‰. Dans le marais salant prospecté nous avons rencontré cette espèce, certes en nombre réduit, mais en parfait état de vie dans le sédiment des adernes alors que la salinité était de 61‰. Il convient donc d'élargir encore son domaine de tolérance et de la ranger dans la classification proposée par CARPELAN parmi les espèces holoeryhalines. Cette position serait d'autant plus justifiée que FISCHER (1979) observe que cette espèce, ainsi que plusieurs autres diatomées marines, est encore capable d'éviter la plasmolyse par régulation osmotique jusqu'à une salinité proche de 100‰. *Navicula ramosissima* est également une espèce fréquente voire abondante dans les marais salés (CARTER, 1933). LUCHINI (1971) a déjà observé à proximité de Marseille, en Méditerranée, qu'elle atteint une densité maximale de population en mai. Nous avons retrouvé ce maximum printanier dans le marais salant et, comme EHRlich (1975), nous avons constaté le caractère euryhalin de cette espèce puisqu'elle prolifère très activement dans des eaux où la salinité est de 61‰, après avoir résisté dans les adernes à une salinité de 96‰. Dans les claires ostréicoles de la baie de Bourgneuf, *Navicula ramosissima* est particulièrement abondante en hiver, alors que la salinité peut s'abaisser à 20‰. Elle peut donc être regardée, sur l'échelle de CARPELAN, comme une espèce polyhaline.

La famille des Nitzschiées comporte un grand nombre de formes très tolérantes vis-à-vis des variations de salinité. Parmi celles-ci, plusieurs sont bien représentées dans la saline que nous avons prospectée : *Nitzschia acuminata*, *N. closterium* et surtout *N. sigma* var. *sigmatella*. Cette dernière espèce est, d'après HENDEY (1964), une des diatomées les plus communes et les plus largement répandues. Caractéristique des milieux littoraux saumâtre (DRUM et WEBBER, 1966), elle est considérée par EHRlich (1975) comme une espèce euryhaline et par KELL (1973) comme une mésohalobe. CARPELAN (1978) la signale dans les eaux de lagons californiens où la salinité peut atteindre 96‰. Dans le marais salant étudié, *Nitzschia sigma* var. *sigmatella* présente une densité de population maximale à la fin du mois de mai dans les adernes, alors que la salinité y atteint 96‰. On la retrouve encore vivante, bien qu'en effectif modeste, dans les œillets, pour une salinité de 168‰. *Nitzschia sigma* var. *sigmatella* est également une espèce commune des claires ostréicoles de Vendée (RINCÉ,

1978). Elle y accuse un maximum de densité de population au mois de mai, mais elle est capable de supporter la baisse de salinité hivernale. C'est donc une forme polyhaline dont la distribution géographique suggère qu'elle est, en outre, eurytherme.

Tableau 2. — Liste des principales espèces d'algues microscopiques récoltées dans le marais salant.

DIATOMOPHYCÉES

Centriques

- Melosira juergensi* Agardh
Melosira moniliformis (O.F. Müller) Agardh
Melosira nummuloides Agardh
Skeletonema costatum (Greville) Cleve
Thalassiosira decipiens (Grunow ex V. Heurck) Jörgensen
Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg
Actinoptychus splendens (Shabolt) Ralfs in Pritchard
Chaetoceros sp. cf. *debile* Cleve
Biddulphia aurita (Lyngbye) de Brébisson
Biddulphia sinensis Greville
Ditylum brightwellii (T. West) Grunow ex Van Heurck,

Pennées

- Asterionella bleakeleyi* W. Smith
Striatella unipunctata (Lyngbye) Agardh
Synedra bacillaris (Grunow) Hustedt
Thalassionema nitzschioides Hustedt
Licmophora ehrenbergii (Kützting) Grunow
Grammatophora maris (Lyngbye) Kützting
Cocconeis scutellum Ehrenberg
Cocconeis stauroneiformis (Van Heurck) Okuno
Achnanthes brevipes Agardh
Achnanthes longipes Agardh
Mastogloia exigua Lewis
Gyrosigma balticum (Ehrenberg) Cleve
Gyrosigma distortum Smith
Gyrosigma fasciola (Ehrenberg) Cleve
Gyrosigma littorale (Wm. Smith) Cleve
Gyrosigma spenceri (Wm. Smith) Cleve
Pleurosigma aestuarii (de Brébisson ex Kützting) Wm. Smith
Pleurosigma angulatum (Quekett) Wm. Smith
Diploneis interrupta (Kützting) Cleve
Stauroneis constricta Ehrenberg
Stauroneis gregorii Ralfs in Pritchard
Navicula cincta (Ehrenberg) Van Heurck
Navicula digito-radiata (Gregory) Ralfs in Pritchard
Navicula gregaria Donkin
Navicula marina Ralfs in Pritchard
Navicula ramosissima (Agardh) Cleve
Scoliopleura tumida (de Brébisson ex Kützting) Rabenhorst
Scolitropis latestriata (de Brébisson ex Kützting) Cleve
Amphiprova alata (Ehrenberg) Kützting
Amphiprova paludosa Wm. Smith

Tropidoneis vitrea (Wm. Smith) Cleve
Amphora coffeaeformis (Agardh) Kützing
Amphora hyalina Kützing
Amphora ostrearia de Brébisson ex Kützing
Rhopalodia musculus (Kützing)
Bacillaria paxillifer (Müller) Hendey
Nitzschia acuminata (Wm. Smith) Grönow
Nitzschia apiculata (Gregory) Grönow
Nitzschia closterium (Ehrenberg) Wm. Smith
Nitzschia longissima (de Brébisson) Ralfs in Pritchard
Nitzschia obtusa Wm. Smith
Nitzschia panduriformis Gregory
Nitzschia punctata (Wm. Smith) Grönow
Nitzschia sigma (Kützing) Wm. Smith.

CHLOROPHYCÉES

Dunaliella salina (Dunal) Teodor

CONCLUSION

Les résultats exposés confirment qu'en dépit de conditions de vie particulières liées à d'importantes variations de salinité, des végétaux, notamment benthiques, sont capables d'assurer dans les marais salants le maintien d'une biomasse végétale équivalente à celle d'autres milieux marins. Parmi les microalgues rencontrées, l'analyse qualitative des peuplements tant planctoniques que benthiques, fait apparaître de nombreuses formes communes aux écosystèmes marins en substrat vaseux, la plupart appartenant aux diatomées des genres *Navicula*, *Nitzschia* et *Amphora*.

La teneur de l'eau des différents bassins en sel (NaCl) paraît influencer notablement sur la densité des populations de diatomées dont les effectifs diminuent alors que s'élève la salinité. La disparition progressive de la plupart des espèces met en relief l'adaptation de certaines diatomées à l'égard de variations de salinité dont l'amplitude (entre 0 et 168‰) excède les seuils de tolérance généralement admis. C'est ainsi que *Gyrosigma balticum* peut être classée, avec une tolérance à une salinité de 61‰, parmi les formes holoehyalines. *Navicula ramosissima* supporte des variations de salinité entre 20 et 96‰ et est de ce fait une espèce polyhaline ainsi que *Nitzschia sigma* var. *sigmatella* rencontrée vivante dans des eaux à 168‰.

De même, on a pu noter qu'une baisse de salinité s'accompagne d'une diversification des peuplements de diatomées.

REFERENCES

- ADMIRAAL, W., PELETIER, H., 1980 — Distribution of diatom species on an estuarine mud flat and experimental analysis of the selective effect of stress. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 46 (2-3) : 157-175.
- ALEEM, A.A., 1950 — The diatom community inhabiting the mud flats at Whitstable (Kent). *New Phytol.* 49 : 174-188.
- ANCONA, U. d', 1959 — The classification of brackish waters with reference to the north Adriatic lagoons. *Arch. Oceanogr. Limnol.* 11 (Suppl.) : 93-109.
- AUBIN, D., 1981 — Saliculture et aquaculture dans les marais de Guérande (France) : un exemple d'utilisation rationnelle du milieu naturel. Symposium International sur les lagunes côtières, UNESCO, Bordeaux, 8-14 septembre 1981, *Résumés des Communications*, UNESCO.
- CARPELÁN, L.H., 1978 — Revision of Kolbe's System der Halobien based on diatoms of California lagoons. *Oikos* 31 : 112-122.
- CARTER, N., 1933 — A comparative study of the algal flora of two salt marshes. Part II, III. *J. Ecol.* 21 : 128-208, 385-403.
- COLIJN, F., 1978 — Primary productivity measurements in the Ems-Dollards Estuary during 1975 and 1976. Publications and Reports of the project «Biological Research in the Ems-Dollards», 1978 - 1 : 14 p.
- COLIJN, F. et NIENHUIS, H., 1978 — The intertidal microphytobenthos of the «Hohe Weg» Shallows in the German Wadden Sea. *Forschungsstelle Insel und Küstenschutz. Jahresbericht 1977 (Nordeney)*, 29 : 149-174.
- DRUM, R.W. et WEBBER, E., 1966 — Diatoms from a Massachusetts saltmarsh. *Bot. Mar.* 9 : 70-77.
- EATON, J.W., MOSS, B., 1966 — The estimation of numbers and pigment content in epipellic algal populations. *Limnol. Oceanogr.* 11 : 584-595.
- EHRlich, A., 1975 — The diatoms from the surface sediments of the Bardawil Lagoon (northern Sinai) - Paleocological significance. *Nova Hedwigia* 53 : 253-280.
- FISCHER, H., 1978 — Osmotic behaviour of diatoms of a hypersaline lake in comparison with tidal diatoms. *Nova Hedwigia* 64 : 251-264.
- GRAS, J., 1980 — Les bas-pays guérandais et leur environnement géographique, in *Marais Salants*. *Bull. Soc. Sc. nat. Ouest Fr.*, Suppl. H.S. : 19-29.
- HENDEY, N.J., 1964 — An Introductory Account of the smaller Algae of British Coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). *Fisheries Invest. London, Ser. IV* : 1-298.
- HENNEGUY, L.F., 1890 — Contribution à l'étude de la faune des marais salants. *C. R. Soc. Biol.* 2 : 625-627.
- HOPKINS, J.T., 1964 — A study of the Ouse Estuary, Sussex. II The ecology of the mud-flat diatom flora. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 44 (2) : 333-341.
- HUSTEDT, F., 1953 — Die Systematik der Diatomeen in ihren Beziehungen zur Geologie und Ökologie nebst einer Revision des Halobien-systems. *Bot. Tidsskr.* 47 (4) : 509-519.
- HUSTEDT, F., 1959 — Die diatomeen Flora der Unterweser von der Lesummündung bis Bremerhaven mit Berücksichtigung des Unterlanfs der Hunt und Geeste. *Veröff. Inst. Meeresforsch., Bremerhaven*, 6 (1) : 13-175.
- KELL, V., 1973 — Das Phytoplankton des Salzwassereintruchs in das Arkonabecken im Winter 1969. *Wiss. Zeitschr. Univ. Rostock Math. Naturw. Reihe*, 22 : 625-628.
- LABBÉ, A., 1924 — Introduction à l'étude des milieux marins hypercalcaires. *Arch. Zool. exp. gén.* 62 : 401-568.

- LEACH, J.H., 1970 — Epibenthic algal production in an intertidal mudflat. *Limnol. Oceanogr.* 15 : 514-521.
- LECOCQ, F.M. et HALLET, J.N., 1980 — *Dunaliella*, algue phytoplanctonique des marais salants. In Marais Salants. *Bull. Soc. Sc.nat. Ouest Fr. Suppl. H.S.* : 143-146.
- LORENZEN, C.J., 1967 — Determination of chlorophyll and pheopigments : Spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12 (2) : 343-346.
- LUCHINI, L., 1971 — Étude qualitative et quantitative d'une population de diatomées du microphytobenthos épilithé (Anse des Cuivres - Marseille). *Téthys* 3 : 459-505.
- MALISSEN, M.O., 1979 — Contribution à l'étude des diatomées benthiques d'écosystèmes lagunaires (Bassin d'Arcachon, France). Systématique, dynamique, adaptation. Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Université de Bordeaux III, 108 p.
- MOUL, E.T. et MASON, D., 1957 — Study of diatom populations on sand and mud flats in the woods Hole area. *Biol. Bull.* 113, p. 351.
- PARSONS, T.R. et STRICKLAND, J.D.H., 1963 — Discussion of spectrophotometric determination of plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophyll and carotenoids. *J. mar. Res.* 21 : 155-163.
- PLANTE-CUNY, M.R., 1974 — Évaluation par spectrophotométrie des teneurs en chlorophylle a fonctionnelle et en phéopigments des substrats meubles marins. *Doc. Sci. Mission O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé*, 45 : 1-76.
- RINCÉ, Y., 1978 — Intervention des diatomées dans l'écologie des claires ostréicoles de la baie de Bourgneuf. Thèse 3ème cycle Univ. de Nantes, 203 p.
- RINCÉ, Y., 1979 — Inventaire écologique des diatomées des claires ostréicoles de la baie de Bourgneuf. *Bull. Soc. Sc. nat. Ouest Fr., N.S.*, 1 : 51-56.
- RINCÉ, Y., PLANTE-CUNY, M.R., RIAUX, C., ROBERT, J.M., MALISSEN, M.O., 1981 — Comparison between benthic diatom populations in muddy sediments of four localities along the French western coast. *Proceedings of the Sixth Symposium on Recent and Fossil Diatoms (Budapest, September 1-5, 1980). Taxonomy - Morphology - Ecology - Biology* : 371-384. R. Ross ed. - Otto Koeltz : Koenigstein.
- ROBERT, J.M., RINCÉ, Y., 1983 (à paraître) — Biomasses phytoplanctoniques et microphytobenthiques des claires ostréicoles de la baie de Bourgneuf (Vendée, France). *J. Can. Sci. halieut. aquat.*
- ROUND, F.E., 1960 — The Diatom flora of a salt marsh on the river Dee. *New Phytol.* 59 : 332-348.
- SHANNON, C.E., 1948 — A mathematical theory of communication. *Bull. Syst. techn. J.* 27 : 379-423.
- STRICKLAND J.D.H., PARSONS, T.R., 1968 — A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167 : 311 p.
- SULLIVAN, M.J., 1975 — Diatom communities from a Delaware salt marsh. *J. Phycol.* 11 (4) : 384-390.
- UTERMÖHL, H., 1958 — Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton - Methodik. *Int. Ver. Theoret. angew. Limnol.* 9 : 1-38.